

ВЛИЯНИЕ КАВИТАЦИИ НА ДЕСТРУКЦИЮ ПОВЕРХНОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ

Линдеров М.Л.

Руководитель – зав. каф. МиММ, д.ф.-м.н. Мерсон Д.Л.

ТГУ, Тольятти, dartvi@Rambler.ru

Ежегодно от воздействия эрозии сотни тонн материалов разрушаются и требуют замены. Детали турбин и насосов, винты судов, подвергаются износу под её воздействием.

Особенно подвержены воздействию эрозии кавитационные установки, так как в них указанные явления создаются специально для реализации таких технологических процессов, как: диспергирование и эмульгирование трудно смешиваемых растворов, ускорение химических реакций, гидроабразивная обработка и др.

В настоящее время, в развитии кавитационных явлений выделяют две стадии: инкубационный период, во время которого происходит накопление деформаций, и период тотального разрушения. Для первого характерны незначительные потери массы. Второй период характеризуется высокой скоростью протекания и большим массовым износом, приводящим к поломке изделия.

В качестве кавитационно-стойких сталей наибольшее распространение получили: сталь 30Л, применяемая для крупных объектов, например, гребные винты судов, и сталь 30Х10Г10 – для особо ответственных деталей и узлов. Сталь 30Л отличается невысокой себестоимостью, но низкими эксплуатационными характеристиками. Напротив, сталь 30Х10Г10 обладает повышенной кавитационно-эрозионной стойкостью, но требует сложной термообработки, и существенно дороже стали 30Л.

Кавитационную стойкость материалов можно оценивать как по убыли массы, так и по длительности инкубационного периода. Однако, ни тот, ни другой метод не позволяет исследовать механизмы разрушения, которые могут значительно отличаться в зависимости от химического состава материала, проведенной термообработки, конструктивных особенностей изделия и условий эксплуатации.

Актуальным в настоящее время является изучение начальных процессов кавитационного изнашивания, установление закономерностей в разрушении материалов с целью оценки их кавитационной стойкости и разработки рекомендаций по ее повышению.

Материалы и методика проведения испытаний. Для проведения испытаний были выбраны следующие марки сталей: Ст3, 40Х, 40Х13 и Г13, находящиеся в состоянии поставки (их химический состав и твердость, представлены в таблицах 1...2). Была поставлена задача: исследовать механизмы кавитационного разрушения и оценить

перспективы применения данных материалов для активаторов кавитационных установок.

Таблица 1. Химический состав исследуемых материалов

	<i>Fe</i>	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Cr</i>	<i>Mo</i>	<i>Ni</i>	<i>Al</i>	<i>Co</i>	<i>Cu</i>
<i>Ст3</i>	98,93	0,15	0,25	0,42	0,01	0,01	0,04	0,01	0,04	0,04	0,01	0,07
<i>40X</i>	98,93	0,15	0,25	0,42	0,01	0,01	0,04	0,01	0,04	0,04	0,01	0,07
<i>40X13</i>	83,62	0,44	0,32	0,44	0,01	0,04	14,57	0,03	0,33	0,01	0,01	0,15
<i>Г13</i>	80,66	1,22	0,33	16,67	0,11	0,01	0,48	0,04	0,31	0,05	0,09	0,02

Таблица 2. Твердость исследуемых материалов

<i>Сталь</i>	<i>Ст3</i>	<i>40X</i>	<i>40X13</i>	<i>Г13</i>
<i>HRB</i>	70,3	90,7	72,4	97,3

Для возбуждения кавитации использовали ультразвуковой диспергатор УЗДН-А. Вырезанные из материалов образцы, запекали в реактопласт и подготавливали шлиф, который после травления заливали дистиллированной водой и помещали в ультразвуковую установку. Через определенные промежутки времени проводили металлографическое исследование.

Наблюдения и результаты. На рисунке 1 представлены исходные структуры, а на рисунке 2 их изменение после кавитационного воздействия.

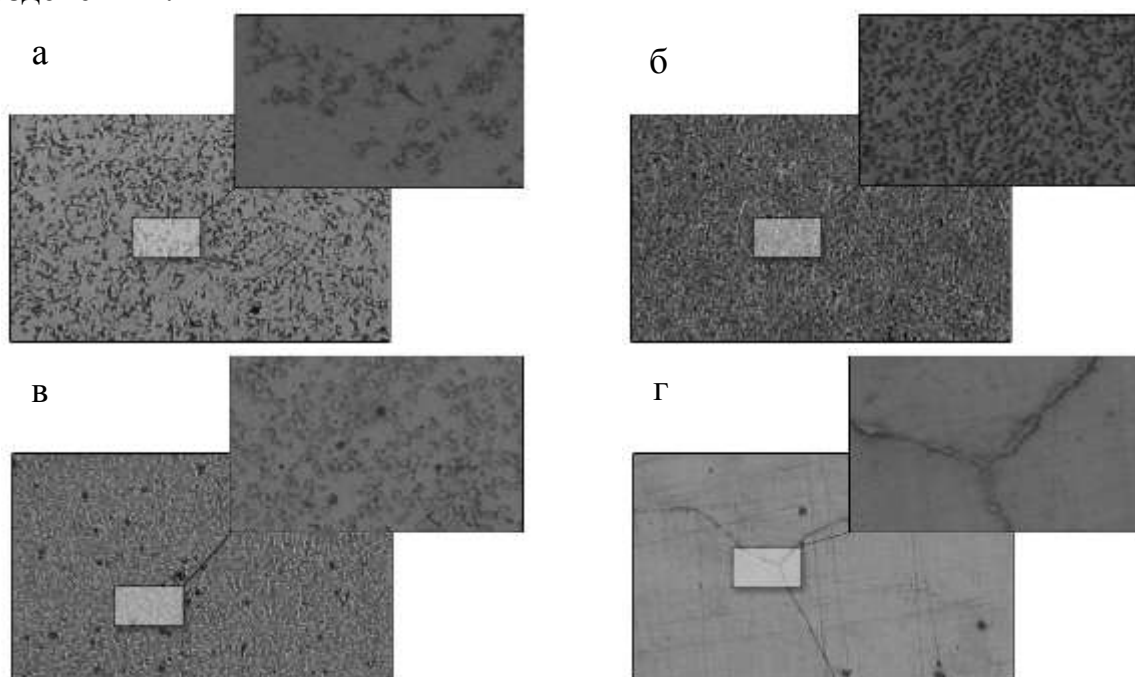


Рисунок 1. Исходные структуры сталей: а - Ст3 ($\times 100$, $\times 1000$); б – 40X ($\times 100$, $\times 1000$); в – 40X13 ($\times 100$, $\times 1000$); г – Г13 ($\times 100$, $\times 1000$)

У сталей Ст3, 40X и Г13 уже через 1 минуту наблюдаются отдельные микроразрушения, вызванные, ударным воздействием схлопывающихся кавитационных пузырьков, а также незначительные очаги коррозии. Однако для разных сталей наблюдаются существенные отличия, как в динамике, так и в механизмах разрушений. Особенностью

микроразрушений для Ст3 является появление отдельных раковин и последующее их разрастание. Таким образом, увеличение площади поражения наблюдается не за счет образования новых раковин, а за счет расширения уже существующих.

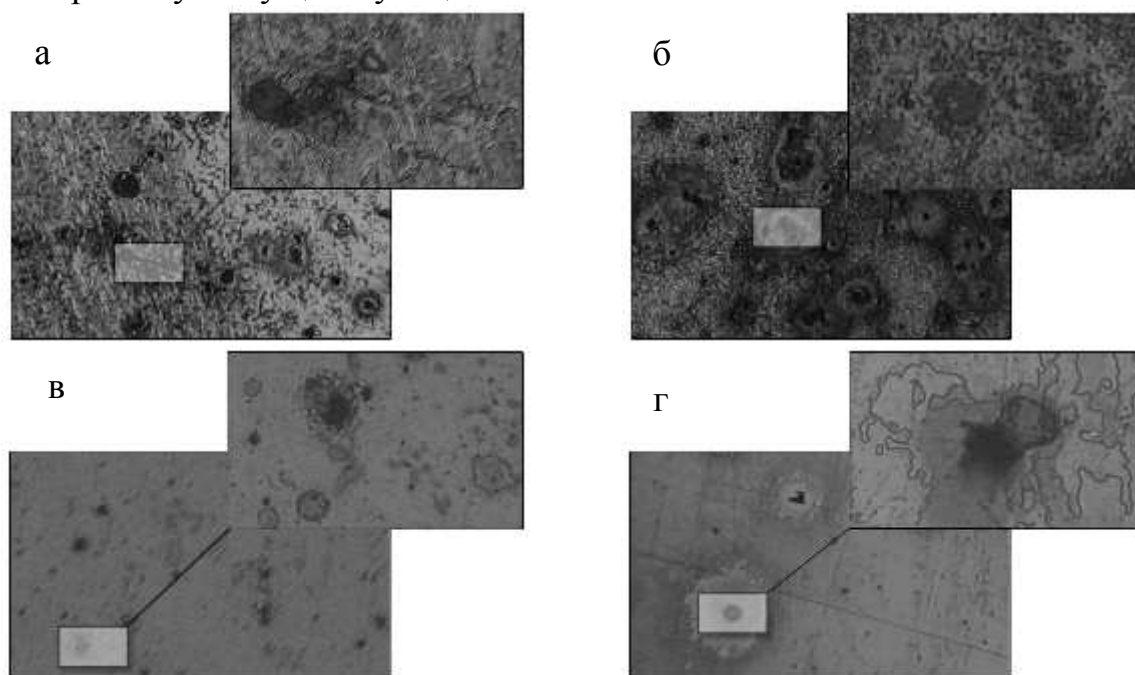


Рисунок 3. Структуры сталей после 11 мин кавитационного воздействия: а - Ст3 ($\times 100$, $\times 500$); б - 40Х ($\times 100$, $\times 500$); в - 40Х13 ($\times 100$, $\times 1000$); г - Г13 ($\times 100$, $\times 1000$)

При кавитационном воздействии стали 40Х наблюдается увеличение количества отдельных раковин. Их слияние начинается только при достижении критического количества на единицу площади. Возможно, это связано с повышенной по сравнению со Ст3 твердостью (таблица 2).

Микроударное разрушение поверхности износостойкой стали Г13 протекает медленнее, но наблюдаются четко выраженные участки воздействия коррозии, особенно вокруг образовавшихся раковин.

Кавитационный износ стали 40Х13 после 11 минут воздействия выражен меньше всего. Основное его проявление заключается в образовании небольших раковин.

Закключение. Для создания эффективных и конкурентоспособных кавитационных установок необходимо внимательно подходить к выбору марок материала для дисков. Не рекомендуется использовать низколегированные стали, такие как Ст3 и 40Х, ввиду их плохой коррозионной стойкости и слабости к воздействию пульсирующих микроударных нагрузок. Применение износостойких сталей, типа Г13, ввиду их малой коррозионной стойкости тоже нецелесообразно. Оптимальным материалом для дисков кавитационных установок является высокохромистые нержавеющие стали, подобные 40Х13, которые обеспечат достаточную долговечность деталям, работающим в эрозийно опасных средах.